

PENENTUAN SUHU *THRESHOLD* AWAN HUJAN DI WILAYAH INDONESIA BERDASARKAN DATA SATELIT MTSAT DAN TRMM [DETERMINATION OF THRESHOLD TEMPERATURE OF RAIN CLOUD OVER INDONESIAN BASED ON MTSAT AND TRMM SATELLITE DATA]

Lely Qodrita Avla dan Agung Haryanto

Peneliti Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, Lapan

e-mail: lely@bdg.lapan.go.id

Diterima 9 Maret 2013; Disetujui 15 Juni 2013

ABSTRACT

Rainfall estimation based on cloud top temperature requires determination of threshold temperature of rain clouds. This paper studies the spatial threshold temperature of rain clouds over Indonesia based on Multi-functional Transport Satellite-1Replacement (MTSAT-1R) and Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite data. The data used in this study consist of 728 sets of MTSAT-1R and TRMM satellite data, which are a gridded data with a temporal resolution of 3-hours from December 2007 to February 2008, which is the peak of rainy season in Indonesia. The results show that in general the threshold temperatures of rain cloud vary around 216K to 256K based on Perfect Correct (PC) method where value vary between 0.8 to 0.9.

Keywords: *MTSAT-1R, TRMM, Statistics, Threshold Temperature, Rain Cloud*

ABSTRAK

Proses estimasi curah hujan berdasarkan suhu puncak awan membutuhkan penentuan suhu *threshold* awan hujan. Makalah ini membahas variasi suhu *threshold* awan hujan secara spasial untuk Indonesia berdasarkan data satelit *Multi-functional Transport Satellite-1Replacement* (MTSAT-1R) dan *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 728 set data satelit MTSAT-1R dan satelit TRMM yang merupakan data *grid* dengan resolusi temporal 3 jam-an dari bulan Desember 2007 sampai Februari 2008 dengan pertimbangan pada umumnya puncak musim hujan di wilayah Indonesia berlangsung pada periode tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada umumnya suhu *threshold* awan hujan di wilayah Indonesia bervariasi sekitar nilai 216K sampai 256K berdasarkan metode *Perfect Correct* (PC) yang bervariasi pada rentang nilai 0,8 sampai 0,9.

Kata kunci: *MTSAT-1R, TRMM, Statistik, Suhu Threshold, Awan Hujan*

1 PENDAHULUAN

Data curah hujan maupun stasiun pengamatan curah hujan observasi permukaan di wilayah Indonesia jumlahnya sangat terbatas. Di sisi lain curah hujan merupakan hal yang penting dalam siklus hidrologi dan memiliki variasi spasial serta temporal yang sangat besar. Curah hujan juga penting dalam prediksi cuaca dan iklim dimana diperlukan cakupan yang luas dan akurat. Sehingga pengetahuan tentang jumlah curah hujan pada suatu daerah sangat penting untuk kesejahteraan manusia.

Seiring dengan munculnya satelit cuaca geostasioner pada tahun 1960 dan 1970-an, yang memiliki cakupan global dan lebih lengkap, mendorong berkembangnya berbagai metode untuk mengestimasi curah hujan, baik dengan menggunakan kanal

infrared maupun *visible*, dengan tujuan untuk memperoleh gambaran distribusi curah hujan di seluruh permukaan bumi.

Beberapa metode estimasi curah hujan telah dilakukan antara lain (1) *Community Land Model* (CLM) menghitung curah hujan rata-rata selama periode 10-hari dari curah hujan berbasis data harian *French Research Institute for Development through Cooperation* (ORSTOM) selama periode 1970-1990; (2) *GOES Precipitation Index* (GPI) memperkirakan curah hujan tropis menggunakan suhu puncak awan (Arkin, 1979); (3) *Lannion-ORSTOM* (LAN), merupakan suatu metode inframerah yang dikalibrasi setiap 10 hari dengan data pengamatan *real time* (Carn *et al.* 1989); (4) *Tropical Applications in Meteorology* (TAM) adalah suatu metode *multiple threshold infrared* yang dikembangkan oleh tim *Tropical Applications in Meteorology using Satellite data* (TAMSAT) di Reading University (UK) (Dugdale *et al.*, 1990); (5) *Synoptic Network* (SYN) menghitung interpolasi sederhana dari data sinoptik stasiun yang berdekatan menggunakan bobot berbanding terbalik dengan jarak kuadrat, Laurent *et al.* (1998).

Permasalahan yang sering muncul dari berbagai metode estimasi curah hujan tersebut adalah masalah penentuan daerah awan yang berpotensi hujan. Beberapa penelitian awal telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya (Follansbee, 1973; Barrett, 1970; Scofield dan Oliver, 1977a; Scofield dan Oliver, 1977b; Ingfaham *et al.*, 1977) untuk mengklasifikasikan awan secara subyektif.

Suhu *threshold* awan hujan adalah salah satu bagian penting yang harus diperhitungkan dalam estimasi curah hujan berbasis data satelit. Harjana (2007) telah melakukan penelitian untuk lokasi Serpong yang menghasilkan suhu *threshold* sebesar 220K.

Hasil penelitian verifikasi estimasi curah hujan dari satelit MTSAT-1R terhadap data curah hujan observasi permukaan yang telah dilakukan oleh Harjana (2007) dengan menggunakan suhu *threshold* awan hujan sebesar 220K diperoleh nilai koefisien korelasi untuk tiga resolusi waktu berbeda yaitu untuk akumulasi 6 jam sebesar 0,62, akumulasi 12 jam sebesar 0,67 dan akumulasi 24 jam sebesar 0,79 untuk lokasi Serpong. Sedangkan untuk lokasi lainnya dengan menggunakan data akumulasi 24 jam diperoleh koefisien korelasi di pulau Sumatera (Medan (0,37) dan Riau (0,29)), di pulau Kalimantan (Balikpapan (0,32)), di pulau Jawa (Surabaya (0,75), Jakarta (0,71), Yogyakarta (0,57) dan Semarang (0,53)).

Dengan menggunakan suhu *threshold* yang sama juga telah dilakukan verifikasi estimasi curah hujan satelit MTSAT-1R akumulasi bulanan terhadap data curah hujan observasi permukaan oleh Avia (2010), dimana diperoleh koefisien korelasi yang cukup baik yaitu di pulau Jawa (Jakarta dan Semarang (0,7), Bandung (0,6)), di pulau Sulawesi (Ujung Pandang (0,6)). Namun untuk beberapa lokasi lain diperoleh koefisien korelasi yang lebih kecil yaitu di pulau Sumatera (Medan (0,5), Padang dan Palu (0,3), Aceh (0,2)), dan di pulau Maluku (Ambon (0,3)).

Tampaknya, karena ketidakseragaman kondisi atmosfer di atas wilayah Indonesia, sehingga suhu *threshold* awan hujan sebesar 220K tersebut dalam aplikasinya memberikan hasil estimasi curah hujan yang baik terutama untuk pulau Jawa (daerah tipe hujan monsunial), namun kurang memberikan hasil estimasi curah hujan yang baik untuk sebagian besar daerah lainnya di wilayah Indonesia. Di sisi lain suhu *threshold* tersebut sangat diperlukan dalam proses estimasi curah hujan berbasis data satelit MTSAT. Oleh karena itulah penelitian ini sangat perlu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui variasi suhu *threshold* awan hujan secara spasial di wilayah Indonesia. Hal inilah yang merupakan nilai kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini.

Penentuan suhu *threshold* pada penelitian ini dilakukan dengan mengidentifikasi berdasarkan data satelit *Multi-functional Transport Satellite-1 Replacement* (MTSAT-1R) dan data satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). Hasil penelitian suhu

threshold yang dilakukan secara spasial ini diperlukan untuk peningkatan akurasi estimasi curah hujan dari satelit MTSAT. Metodologi probabilitas digunakan pada penelitian ini untuk perhitungan statistik *Critical Succes Index* (CSI), *False Alarm Rate* (FAR) dan *Hit Rate* (HR) sebagaimana telah dilakukan oleh Harjana (2007) untuk satu lokasi yaitu Serpong.

2 DATA DAN METODOLOGI

2.1 Data

Data satelit yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 728 set data satelit MTSAT-1R dan satelit TRMM yang merupakan data *grid* dengan resolusi temporal 3 jam-an selama bulan Desember 2007 sampai Februari 2008 dengan pertimbangan pada umumnya puncak musim hujan di wilayah Indonesia berlangsung pada periode tersebut.

Satelit MTSAT-1R ini terdiri dari 4 kanal inframerah yaitu IR1 (10,3 – 11,3 μ m), IR2 (11,5 – 12,5 μ m), IR3 (6,5 – 7,0 μ m) dan IR4 (3,5 – 4,0 μ m) dan kanal visible (0,55 – 0,90 μ m) (www.jma.go.jp, 2012). Data satelit MTSAT-1R yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kanal IR1 yang merupakan data digit terdiri dari 10 bit (0 - 1024) (Shimizu, 2013), namun untuk menghemat *memory space* dibuat menjadi 8 bit (0 - 255). Nilai tersebut dikonversi menjadi T_{bb} (*black body temperature*) berdasarkan tabel kalibrasinya.

Sedangkan satelit TRMM memiliki 5 sensor yaitu sensor *Visible Infrared Scanners* (VIS), *TRMM Microwave Imager* (TMI), *Precipitation Radar* (PR), *Clouds and Earth Clouds Earth's radiant Energy System* (CERES), dan *Lighting Imaging Sensor* (LIS) (GES DISC, 2010). Data satelit TRMM yang digunakan pada penelitian ini adalah produk data TRMM-3B42V6 yang merupakan data curah hujan dengan resolusi temporal 3 jam-an.

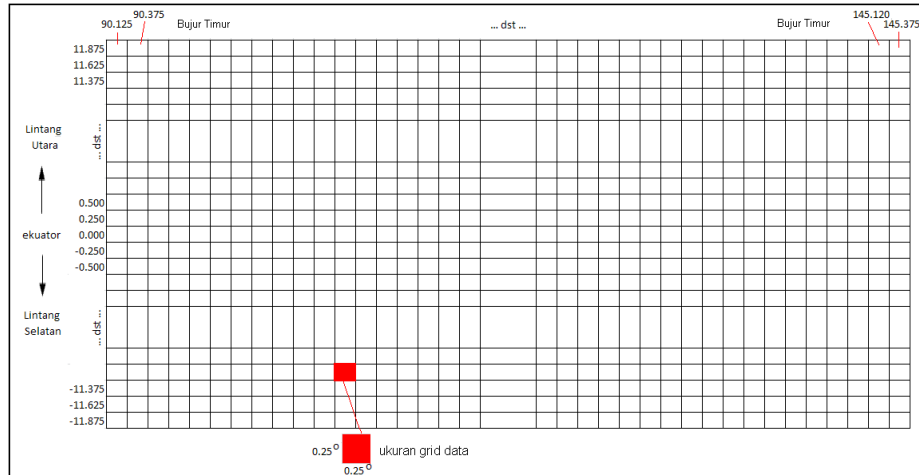
Kedua data tersebut diolah dalam bentuk *grid* dengan resolusi spasial 0.25° x 0.25° lintang-bujur dan dibatasi hanya untuk wilayah Indonesia yang meliputi 12°LU sampai 12°LS dan 90°BT sampai 145°BT sebagaimana yang tampak pada Gambar 2-1 yang merupakan gambaran batasan daerah penelitian dan resolusi *grid* data penelitian.

Keunggulan dari satelit MTSAT-1R adalah memiliki resolusi temporal yang tinggi yaitu 1 jam untuk liputan satu belahan bumi dan 30 menit untuk liputan belahan bumi utara. Namun juga memiliki kelemahan pada resolusi spasialnya, selain itu kanal IR1 kurang dapat membedakan antara jenis awan karena satelit hanya dapat mengidentifikasi dari atas berdasarkan suhu puncak awan. Misalnya cirrus yang merupakan awan tinggi (tinggi dasar awan lebih dari 6000 meter) dan cumulonimbus yang merupakan awan rendah (tinggi dasar awan kurang dari 2000 meter), akan tetapi awan cumulonimbus ini merupakan awan yang bentuknya menumpuk dimana tinggi puncak awannya dapat mencapai lebih dari 6000 meter sama dengan posisi awan cirrus. Oleh karena itu kedua jenis awan ini akan sulit dibedakan hanya dengan menggunakan data infra merah dari kanal IR1 saja.

2.2 Metodologi

Pada umumnya metode estimasi curah hujan berbasis data satelit geostasioner menggunakan asumsi bahwa suhu puncak awan yang dingin berkaitan erat dengan awan hujan cumulonimbus. Suhu puncak awan ini direpresentasikan oleh nilai T_{bb} dari data kanal IR1 satelit MTSAT. Semakin dingin suhu puncak awan (T_{bb} lebih dingin dari suhu *threshold*/ T_c) semakin besar potensi akan menghasilkan curah hujan yang lebih tinggi di permukaan. Curah hujan yang tinggi selalu terkait dengan suhu rendah, tidak berlaku pernyataan sebaliknya karena suhu rendah tidak selalu berarti curah hujan tinggi (Negri and Adler, 1987).

Menurut Jolliffe and Stephenson (2003), Wilks (2006) dan Harjana (2007) prakiraan atau peramalan hujan, baik terjadi atau tidak terjadi, dapat direpresentasikan dalam bentuk tabel kontingensi. Untuk mengetahui suhu *threshold* awan hujan pada penelitian ini dibuat tabel kontingensi seperti yang tampak pada Tabel 2-1. Pada Tabel 2-1 tersebut merupakan ilustrasi pengelompokan awan ke dalam kriteria hujan dan tidak hujan berdasarkan nilai T_{bb} dari satelit MTSAT-1R dan data curah hujan dari satelit TRMM-3B42V6.



Gambar 2-1: Batasan daerah penelitian dan gambaran resolusi grid data penelitian

Tabel 2-1: ILUSTRASI PENGELOMPOKAN AWAN KEDALAM KRITERIA HUJAN DAN TIDAK HUJAN BERDASARKAN NILAI T_{bb} DARI SATELIT MTSAT-1R DAN DATA CURAH HUJAN SATELIT TRMM-3B42V6

Kategori	Curah Hujan Observasi		Total
	Hujan	Tidak Hujan	
$T_{bb} \leq T_c$	a	b	a + b
$T_{bb} > T_c$	c	d	c + d
Total	a + c	b + d	N=a+b+c+d

Berdasarkan Tabel 2-1 tersebut menunjukkan bahwa klasifikasi suhu puncak awan akan memberikan empat kemungkinan hasil yaitu:

- Bila suhu T_{bb} kurang dari atau sama dengan T_c , dan kemungkinan terjadi hujan di permukaan (a)
- Bila suhu T_{bb} kurang dari atau sama dengan T_c , dan kemungkinan tidak terjadi hujan di permukaan (b)
- Bila suhu T_{bb} lebih besar dari T_c , dan kemungkinan terjadi hujan di permukaan (c)
- Bila suhu T_{bb} lebih besar dari T_c , dan kemungkinan tidak terjadi hujan di permukaan (d)

Selanjutnya beberapa pengukuran statistik dari Tabel 2-1 tersebut dapat diturunkan sehingga menjadi beberapa persamaan statistik, *Critical Success Index* (CSI), *False Alarm Rate* (FAR) dan *Percent Correct* (PC) *Hit Rate* (HR) yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

$$CSI = a/(a+b+c) \quad (2-1)$$

$$FAR = b/(a+b) \quad (2-2)$$

$$PC = (a+d)/N \quad (2-3)$$

CSI menggambarkan nilai kebenaran dari hasil perkiraan tersebut, nilainya berkisar antara rentang nilai 0 dan 1. Nilai 0 menunjukkan nilai yang buruk dan nilai 1 menunjukkan nilai yang baik. FAR menggambarkan nilai kesalahan dari hasil

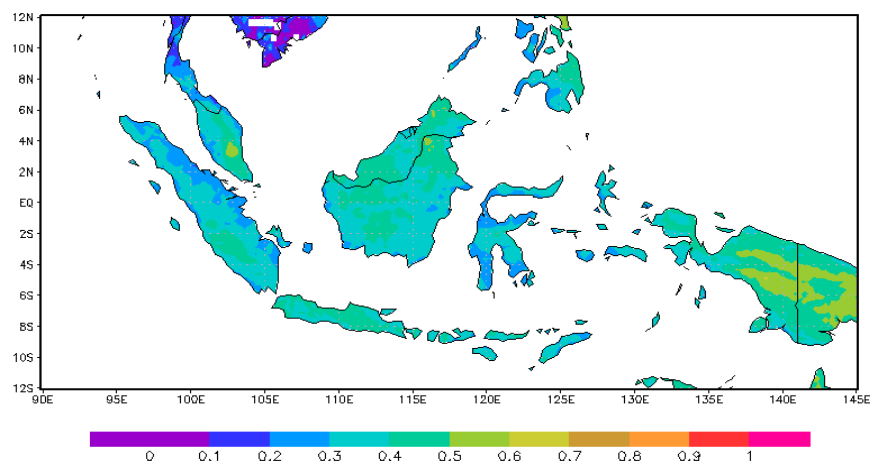
perhitungan tersebut, nilainya juga berada pada selang 0 sampai dengan 1. Artinya nilai yang terbaik adalah jika nilai FAR ini semakin kecil atau mendekati 0. Sedangkan PC adalah persentase prakiraan yang benar. Nilai PC berkisar antara rentang 0 sampai 1, nilai 0 untuk perkiraan tanpa yang benar dan nilai 1 ketika semua perkiraan benar.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

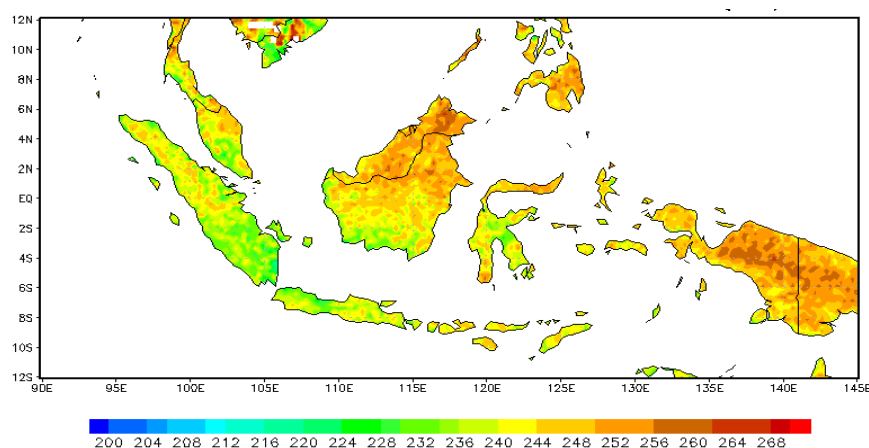
3.1 Statistik *Critical Succes Index (CSI)*

Berdasarkan hasil pengolahan data yang ditunjukkan pada Gambar 3-1, tampak bahwa nilai CSI suhu *threshold* wilayah Indonesia pada umumnya bervariasi antara kisaran nilai 0,3 sampai 0,5 sehingga dapat diinterpretasikan bahwa nilai benar dari hasil perhitungan statistik CSI tersebut berada pada kisaran nilai 30% sampai dengan 50%, kecuali pulau Kalimantan dan pulau Papua tampak lebih tinggi 0,4 sampai 0,6.

Pada Gambar 3-2 tampak pada umumnya untuk wilayah Indonesia variasi nilai suhu *threshold* selama periode penelitian ini berada dalam rentang nilai sekitar 226K sampai dengan 254K, kecuali untuk sebagian besar daerah di pulau Kalimantan dan pulau Papua tampak lebih tinggi yaitu pada rentang nilai 240K sampai 260K.



Gambar 3-1: Index CSI *threshold* T_{bb} -TRMM untuk wilayah Indonesia



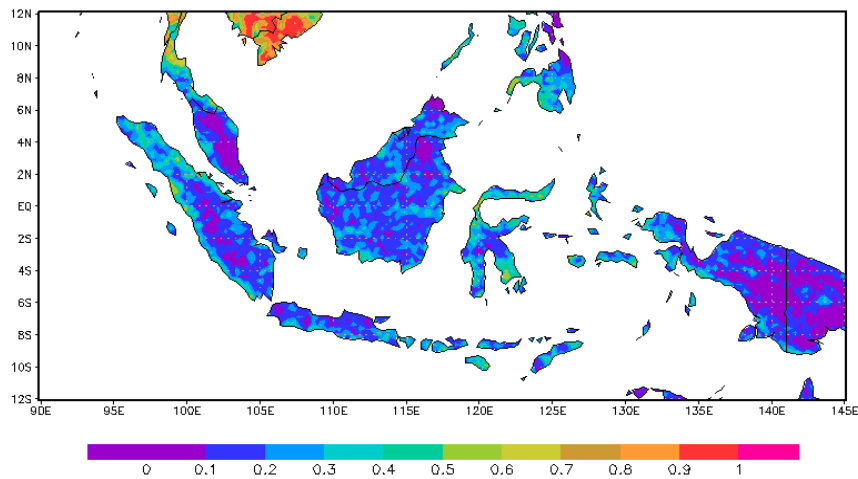
Gambar 3-2: *Threshold* T_{bb} -TRMM berdasarkan nilai statistik CSI untuk wilayah Indonesia

3.2 Statistik *False Alarm Rate (FAR)*

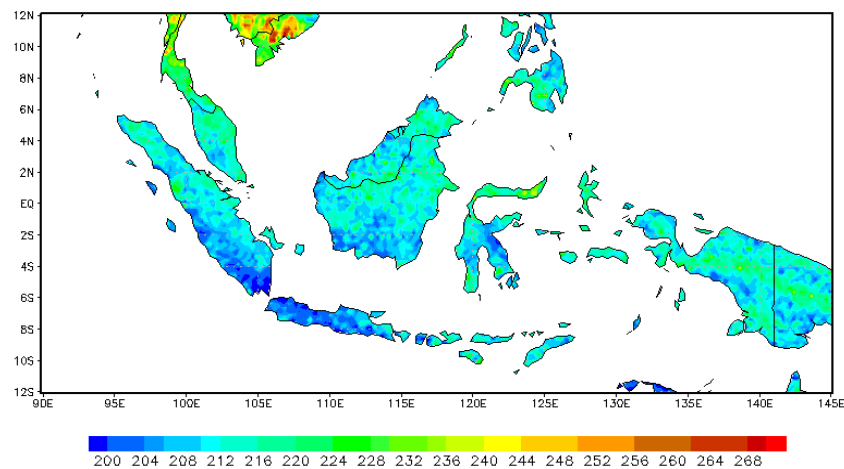
Gambar 3-3 menunjukkan hasil pengolahan data indeks FAR, tampak bahwa indeks FAR di sebagian besar wilayah Indonesia bervariasi cukup kecil yaitu dalam rentang nilai 0,1 sampai 0,2. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa tingkat kesalahan dari hasil pengolahan data ini pada umumnya tampak cukup kecil yaitu

berkisar pada rentang nilai 10% sampai 20%, kecuali di sebagian kecil daerah terutama sebelah utara Sumatera dan sebagian daerah Sulawesi yang tampak memiliki indeks FAR lebih tinggi yaitu antara 0,3 sampai 0,4.

Hasil perhitungan nilai suhu *threshold* berdasarkan nilai statistik FAR tersebut dapat dilihat pada Gambar 3-4. Tampak pada Gambar 3-4 tersebut secara keseluruhan suhu *threshold* untuk wilayah Indonesia memiliki variasi yang berkisar antara 204K sampai dengan 222K, dalam hal ini tampak lebih rendah dibanding hasil perhitungan statistik CSI. Namun untuk sebagian kecil daerah terutama yang memiliki indeks FAR pada kisaran 0,3 sampai 0,4 tampak memiliki suhu *threshold* yang lebih tinggi yaitu pada rentang nilai 222K sampai 226K.



Gambar 3-3: Index FAR threshold T_{bb} -TRMM untuk wilayah Indonesia

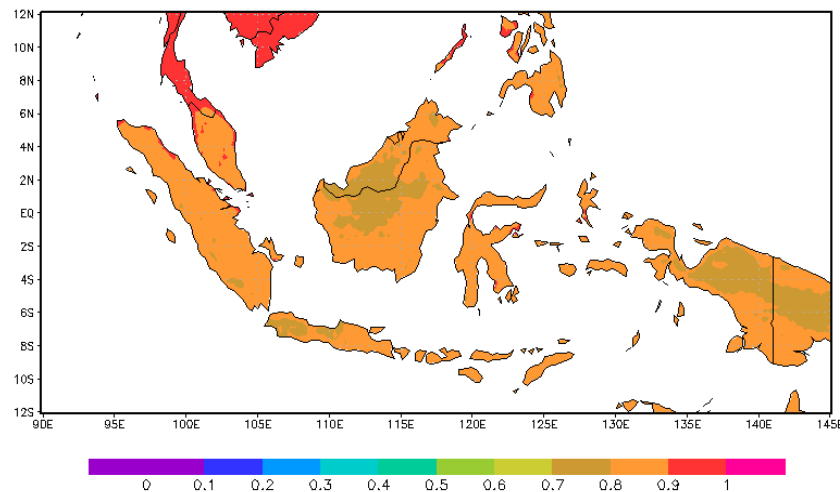
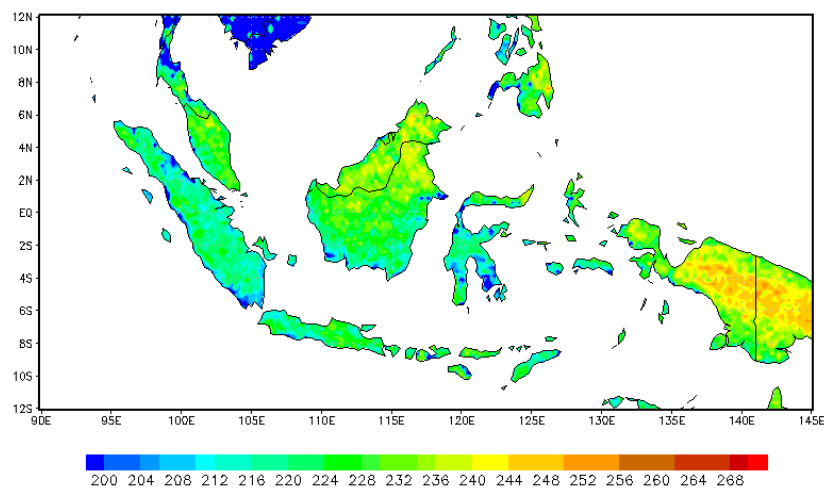


Gambar 3-4: *Threshold* T_{bb} -TRMM berdasarkan nilai statistik FAR untuk wilayah Indonesia

3.3 Statistik *Percent Correct* (PC)

Hasil perhitungan untuk indeks PC di wilayah Indonesia umumnya memiliki nilai yang baik yaitu sekitar 0,9 seperti yang tampak pada Gambar 3-5. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kebenaran dari hasil perhitungan menggunakan teknik statistik PC ini cukup baik yaitu 90%, kecuali untuk pulau Kalimantan dan Papua tampak sedikit lebih rendah yaitu 80%.

Sedangkan pada Gambar 3-6, yang menunjukkan hasil pengolahan data menggunakan statistik indeks PC, diperoleh variasi nilai suhu *threshold* untuk wilayah Indonesia pada umumnya berkisar antara 208K sampai 222K, kecuali untuk pulau Kalimantan dan Papua tampak suhu *threshold* yang lebih tinggi yaitu sekitar 224K sampai 256K.

Gambar 3-5: Index PC *threshold* T_{bb}-TRMM untuk wilayah IndonesiaGambar 3-6: *Threshold* T_{bb}-TRMM berdasarkan nilai statistik PC untuk wilayah Indonesia

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan beberapa perhitungan statistik di atas jelas bahwa pada umumnya suhu *threshold* untuk wilayah Indonesia tampak bervariasi, daerah yang berbeda memiliki suhu *threshold* yang berbeda. Hal ini sangat memungkinkan terjadi karena kejadian hujan tidak hanya dipengaruhi oleh ketinggian puncak awan, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi dan komposisi atmosfer, proses mikrofisika dan mekanisme pembentukan dan pertumbuhan awan, sirkulasi dan dinamika atmosfer lokal, yang semuanya dipengaruhi oleh jenis, morfologi dan proses-proses di permukaan dan lapisan batas.

Berdasarkan hasil pengolahan data tersebut di atas dan hasil verifikasi yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya (Harjana, 2007), dan (Avia, 2010), tampak pada umumnya untuk wilayah Indonesia hasil perhitungan statistik dengan menggunakan statistik PC dan FAR menunjukkan nilai yang baik kecuali untuk pulau Kalimantan dan Papua tampak perhitungan statistik CSI dan PC cukup baik.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan analisis tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa nilai suhu *threshold* yang terbaik untuk suatu lokasi adalah nilai dimana hasil perhitungan statistik pada lokasi tersebut memiliki nilai dengan tingkat kebenaran yang tinggi dan tingkat kesalahan yang rendah. Artinya, berdasarkan variasi spasial untuk wilayah Indonesia penentuan suhu *threshold* dapat diaplikasikan dengan memperhatikan nilai statistik CSI dan PC yang tinggi dan statistik FAR yang kecil.

Hasil penelitian ini masih memerlukan pengembangan lebih lanjut, antara lain penggunaan informasi dari kanal-kanal lainnya untuk melihat geometri, proses pertumbuhan dan mikrofisika awan, informasi dari satelit lain, pengukuran *in situ* maupun model. Pengembangan lebih lanjut juga diperlukan dalam penerapan variasi suhu *threshold* secara spasial tersebut untuk setiap *grid* datanya dalam estimasi curah hujan atau bisa dilakukan metode *clustering* terlebih dahulu sehingga estimasi curah hujan dilakukan pada setiap kluster saja, dan tentunya sangat perlu dilakukan validasinya terhadap curah hujan observasi permukaan.

DAFTAR RUJUKAN

- Arkin, P.A., 1979. *The relationship Between Fractional Coverage of High Cloud and Rainfall Accumulations During GATE Over the B-scale Array*, Mon. Weather Rev., 107: 1382-1387.
- Avia, L.Q., I. Susanti, A.Haryanto, 2010. *Pengaruh ENSO dan IOD Terhadap Pola Curah Hujan Estimasi Satelit Cuaca GMS/MTSAT di Indonesia*, Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer I, Bandung, 26-38.
- Barrett, E., 1970. *Estimation of Monthly Rainfall from Satellite Data*, Mon. Wea. Rev. 98; 322-327.
- Carn, M., J.P.Lahuec, D.Dagorne and B.Guillot, 1989. *Rainfall Estimation using TIR Meteosat Imagery over the Western Sahel*, 4th conf. on Satel. Meteor. and Oceanography, San Diego, AMS, pp. 126-129.
- Dugdale G., V.D.McDouglas and J.R.Milford, 1990. *Potential and limitations of Rainfall Estimates for Africa*.
- Follansbee, W.A., 1973. *Estimation of Average Daily Rainfall from Satellite Cloud Photographs*, NOAA Tech. Memo, NESS 44.
- GES DISC, 2010. *Goddard Earth Sciences, Data and Information Services Center, TRMM, Tropical Rainfall Measuring Mission*, <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/TRMM>, diakses April 2012.
- Harjana T., 2007. *Estimation of Spatial/Temporal Variations of Rainfall Over Indonesia Maritime Continent Using Satellite IR Data, Doctoral Dissertation*, Kobe University.
- Ingfaham, D., J.Amorocho, M.Guilarte and M.Escalover, 1977. *Preliminary Rainfall Estimates in Venezuela and Columbia from GOES Satellite Images*, Published in rainfall from satellite observation. J. Appl. Meteorol. 15: 972-975.
- Jolliffe, I.T., and D.B. Stephenson, 2003. *Forecast Verification: A Practitioner's Guide in Atmospheric Science*, Wiley, Hoboken, NJ, 240 pp.
- Laurent H., I. Jobard and A. Toma, 1998. *Validation of Satellite and Ground Based Estimates of Precipitation Over the Sahel*. Atmospheric Research, 47-48, 651-670.
- Negri, A.J. and R.F. Adler, 1987. *Infrared and Visible Satellite Rain Estimation. Part I: A Grid Cell Approach*, Journal of Climate and Applied Meteorology, 26, 1553-1565.
- Scofield, R. A. and V. J. Oliver, 1977a. *A Scheme for Estimating Convective Rainfall from Satellite Imagery*, NOAA/NESS Tech. Memo, 86,47 pp.
- Scofield, R.A. and V. J. Oliver, 1977b. *Using Satellite Imagery to Estimate Rainfall from two Types of Convective Systems*, 11th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorol, Miami, Dec. 13-16, Amer. Meteorol. Sot., Boston, Mass.
- Shimizu, A., *The Basis of RGB Image Composites*, Analysis Division-Meteorological Satellite Center, Japan Meteorological Agency, <http://mscweb.kishou.go.jp> di download April 2013.
- Wilks, D.S., 2006. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, 2nd ed.* Academic Press/Elsevier, New York, 627 pp.
- <http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/history.html>, diakses Juli 2012.